

Weist der globale Meeresspiegelanstieg eine sinusförmige Schwankung auf? – Teil 1

geschrieben von Chris Frey | 5. Dezember 2025

Eine Untersuchung anhand von Gezeitenpegel-Daten – Teil 1: Vorläufige Analyse

Dr. Alan Welch FBIS FRAS

Einführung

Die Frage „Warum weist der globale Meeresspiegelanstieg eine sinusförmige Schwankung mit einer Periode von etwa 26 Jahren auf?“ wurde 2023 in den Kommentaren zu einer meiner Veröffentlichungen gestellt. In meiner Antwort wies ich darauf hin, dass die Satellitenabdeckung nur 95 % betrug und daher möglicherweise die Ereignisse in den übrigen 5 % relevant sein könnten. In meinem [Folgeartikel](#) „Measuring and Analysing Sea Levels using Satellites during 2023 – Part 2“ [etwa: Messung und Analyse des Meeresspiegels mit Satelliten im Jahr 2023 – Teil 2] analysierte ich die Ergebnisse von Gezeitenmessern in 9 Häfen in den nördlichen Regionen des Atlantischen Ozeans und bis hinauf zum Arktischen Ozean. Die Analyse war sehr vereinfacht, aber vielversprechend, sodass nun eine detailliertere Analyse unter Verwendung neuerer Verfahren durchgeführt wird.

Bevor wir fortfahren, könnte eine weitere Frage lauten: „Na und?“ Die Kurve ist im Grunde genommen fast linear ($R^2 = 0,99$), wobei quadratische oder sinusförmige Anpassungen nur sehr wenig dazu beitragen. Im Jahr 2018 veröffentlichten Nerem et al. jedoch ihre Arbeit, in der sie sich auf eine quadratische Kurve konzentrierten und den kleinen quadratischen Koeffizienten als repräsentativ für eine Beschleunigung verwendeten. Hätten sie sich auf die Daten beschränkt, wäre alles akzeptabel gewesen, aber sie extrapolierten über 80 Jahre und veröffentlichten ihre Arbeit. Die Arbeit wird immer noch jeden Monat in vielen Arbeiten als Referenz verwendet. In den letzten 8 Jahren wurde sie verwendet, um dramatische Szenarien von überfluteten Städten zu entwerfen und alle Kinder zu erschrecken. Die Untersuchung einer Sinuskurve hat versucht, ein ausgewogenes Bild zu zeichnen. Ein Punkt, der bei der Verwendung der quadratischen Kurve übersehen wurde ist, dass die Berechnungen, wenn sie 2008 begonnen hätten, jetzt eine Verlangsamung zeigen würden. Welche Arbeit würden Nerem et al. dann schreiben?

Der Beitrag besteht aus zwei Teilen.

Teil 1 enthält vorläufige Analysen, in denen jeder Gezeitenmesser bis zur Stufe der Spektralanalyse verarbeitet wird.

Teil 2 führt eine Kurvenanpassung durch, bei der die Residualwerte (Ist-Werte minus Werte auf einer Best-Fit-Kurve) anhand einer Kurve beurteilt werden, die aus zwei oder drei Sinuskurven unter Verwendung der aus den Spektralanalysen abgeleiteten Spitzenperioden besteht.

Vorläufige Analyse

Diese Studie nutzt eher Daten von Gezeitenmessern als Daten der NOAA, verwendet jedoch Spektralanalysen.

Die 9 Standorte sind Reykjavik – Island, Torshavn – Färöer-Inseln, Aberdeen – Schottland, Lerwick – Schottland, Bergen – Norwegen, Barentsberg – Spitzbergen, Narvik – Norwegen, Murmansk – Russland und Tiksi – Russland.

Nur Aberdeen und Bergen verfügen über Datensätze, die mehr als 100 Jahre umfassen, während Torshavn nur etwa 50 Jahre abdeckt.

Vor der Analyse dieser 9 Häfen werden die Ergebnisse für Brest untersucht, da diese über 210 Jahre umfassen, obwohl es einige größere Lücken in den Daten gibt. Diese Arbeit wurde bereits früher durchgeführt, aber einige Aspekte sind von Interesse. Die Daten sind in Abbildung 1 dargestellt:

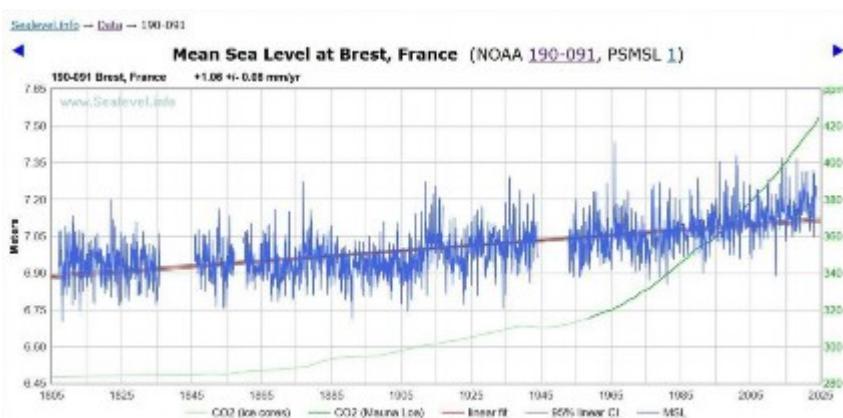


Abbildung 1

Die übliche Kurvenanpassung wird wie in Abbildung 2 dargestellt durchgeführt. Auch hier wurde möglicherweise eine übermäßige Genauigkeit verwendet, um auf der sicheren Seite zu sein. Dies dient nicht dazu, eine genaue Anpassung anzuzeigen, sondern aufgrund möglicher hoher Werte auf der „x“-Achse könnten die Leistungsterme diese zusätzliche Genauigkeit erfordern.

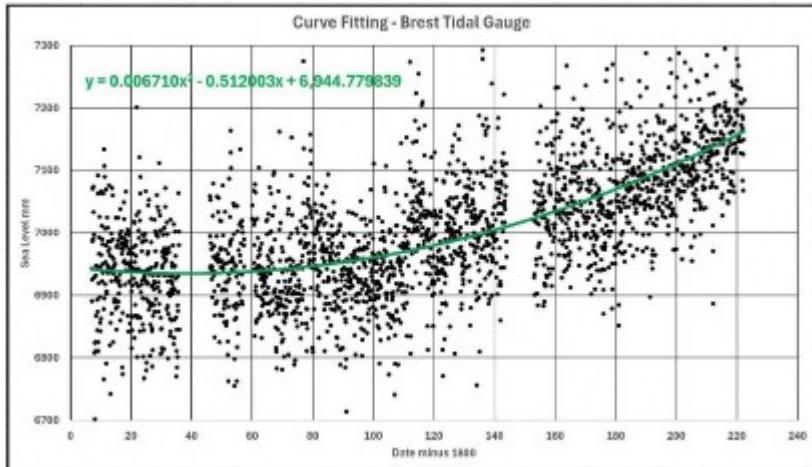


Abbildung 2

Eine Spektralanalyse wurde an den Daten durchgeführt, und die Abbildungen 3 und 4 zeigen die Ergebnisse für lange und kurze Zeiträume:

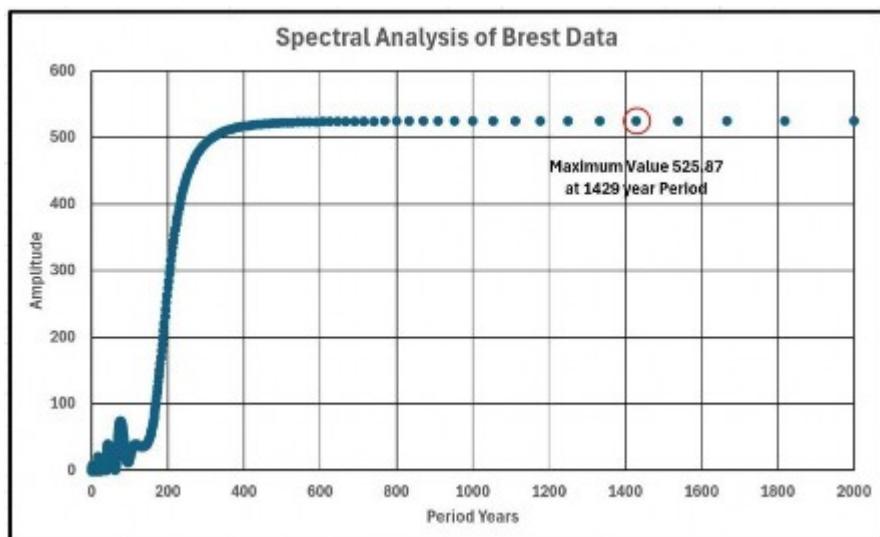


Abbildung 3

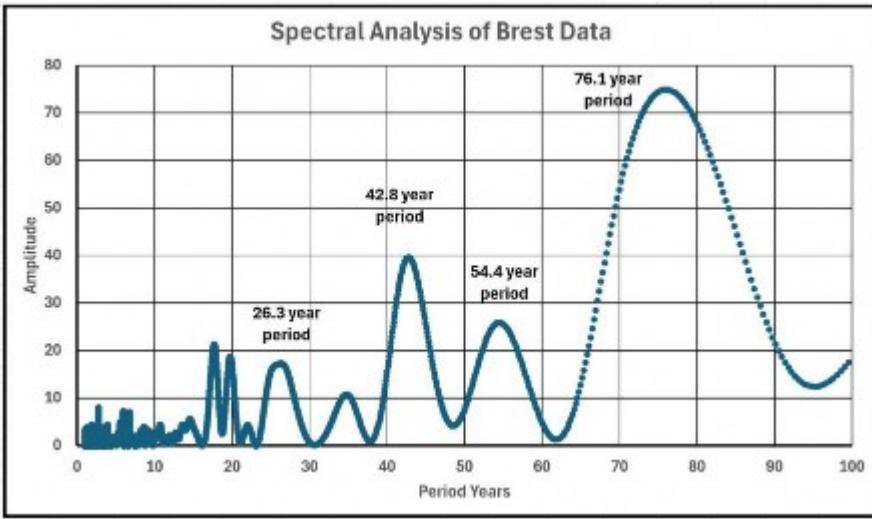


Abbildung 4

Abbildung 3 zeigt einen Spitzenwert (kaum erkennbar) bei einer Periode von 1429 Jahren. Die meisten anderen Gezeitenmessgeräte zeigen viel höhere Perioden, aber es wäre interessant zu sehen, wie Sinuskurven mit Perioden im Bereich von 1000 Jahren mit der quadratischen Anpassung verglichen werden könnten.

Die Kurvenanpassung wurde für Kurven mit Perioden von 1000, 1100 und 1200 Jahren durchgeführt. Die Gleichungen werden im Excel-Format angezeigt.

$$= \text{CONST} + \text{AMP} * \text{SIN}(((\text{SHIFT} + 2 * \text{A1})/\text{PERIOD}) * \text{PI}) \quad (\text{Gleichung 1})$$

CONST	AMP	SHIFT	PERIOD
mm	mm	years	years
7341.5	406.5	1409.0	1000
7371.2	437.5	1575.4	1100
7430.1	496.9	1731.4	1200

Die Abbildungen 5, 6 und 7 vergleichen die quadratische Kurve mit den drei Sinuskurven und stellen dabei Steigung und Beschleunigung gegenüber:

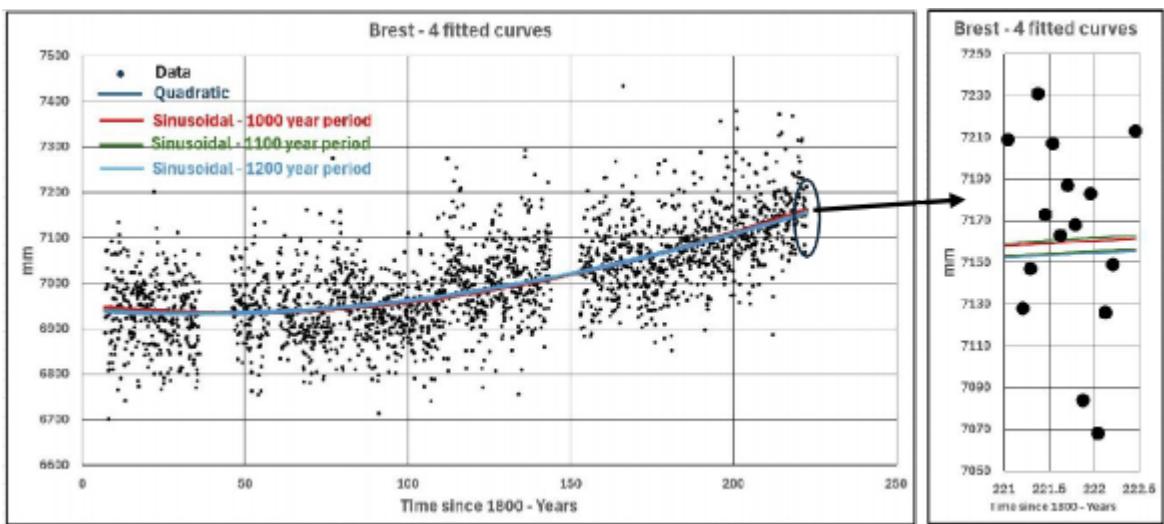


Abbildung 5

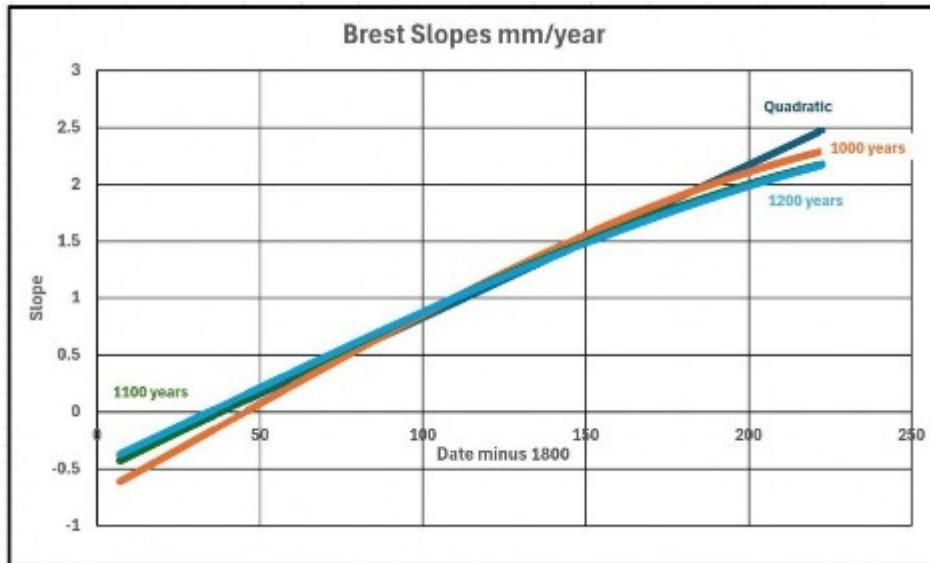


Abbildung 6

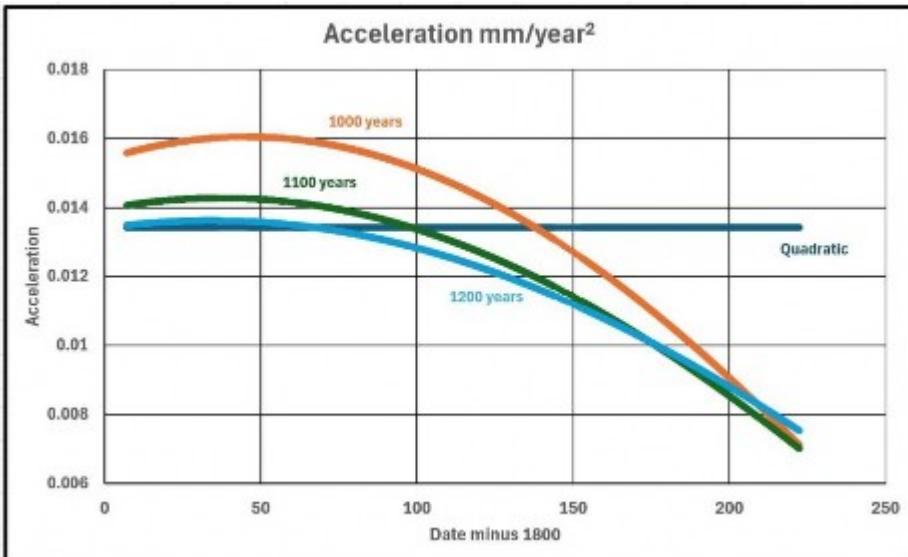


Abbildung 7

Der nächste Teil könnte gutes Querdenken sein oder ein bisschen mehr La La Land!

Wenn man die 1200-Jahres-Kurve verwendet und von 500 v. Chr. bis 2500 n. Chr. extrapoliert, erhält man folgendes Ergebnis:

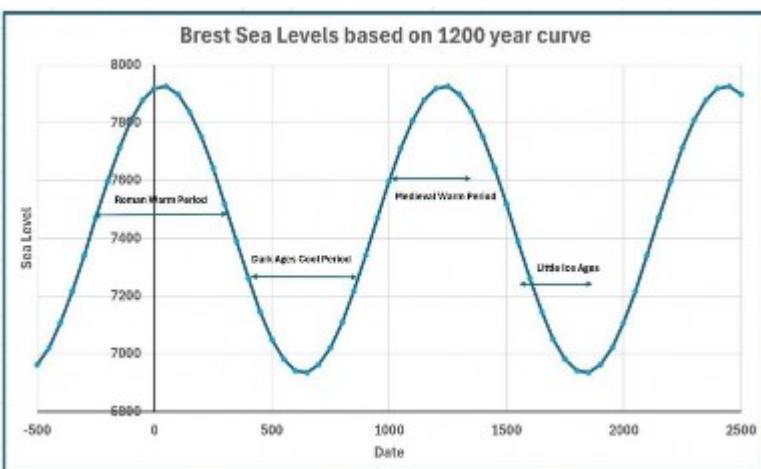


Abbildung 8

Die angegebenen Zeiträume sind möglicherweise umstritten. Ich war überrascht, dass die letzte Thames Ice Fair erst 1814 stattfand. Eine beunruhigendere Interpretation dieser Grafik, sofern sie überhaupt aussagekräftig ist wäre, dass der Meeresspiegel (und die damit verbundenen Temperaturen) erst um 2450 ihren Höchststand erreichen. Könnten die Ereignisse wirklich so schlimm werden? Wie warm war es während der römischen und der mittelalterlichen Warmzeit?

Schließlich zeigt Abbildung 9 die Residuen, d. h. die tatsächlichen

Werte abzüglich der Werte auf der quadratischen Kurve, und Abbildung 10 die Spektralanalyse dieser Residuen:

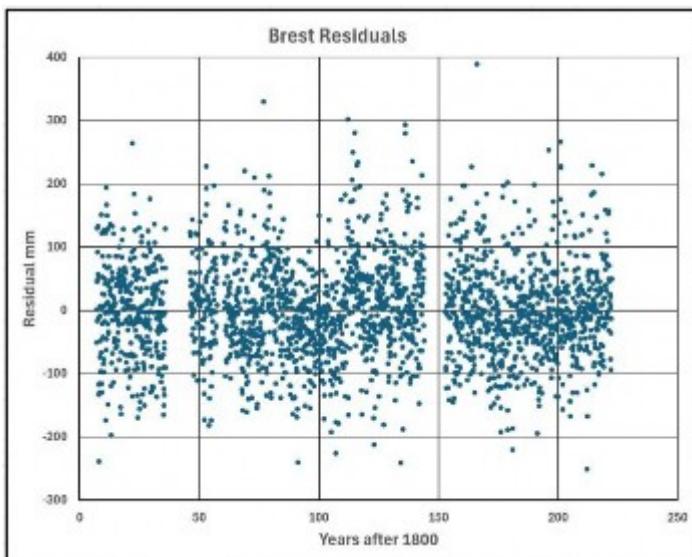


Abbildung 9

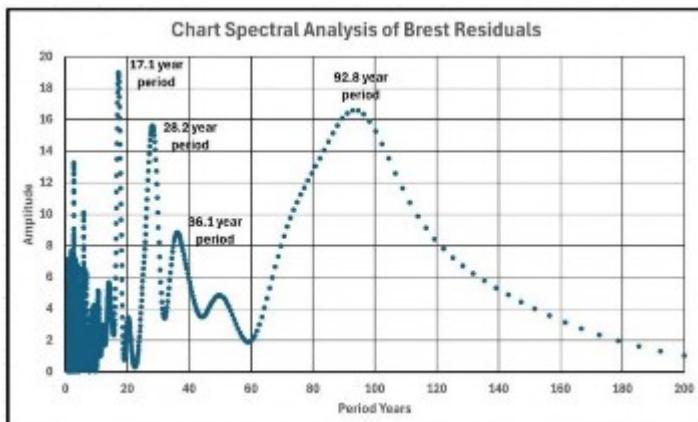


Abbildung 10

Die Perioden der Spitzenwerte weichen von denen der vollständigen Spektralanalyse ab, und auf Abbildung 9 ist nicht ohne Weiteres zu erkennen, dass es möglicherweise eine dekadische Schwankung von etwa 93 Jahren gibt. Dies wurde

untersucht, indem Datendateien mit Zufallswerten erstellt wurden, wobei ein Satz als einfache Zufallswerte und ein Satz als Zufallszahlen mit einer Standardabweichung festgelegt wurde. Es wurden viele Fälle durchgespielt, und die Abbildungen 11 und 12 zeigen jeweils einen Fall aus jeder Reihe:

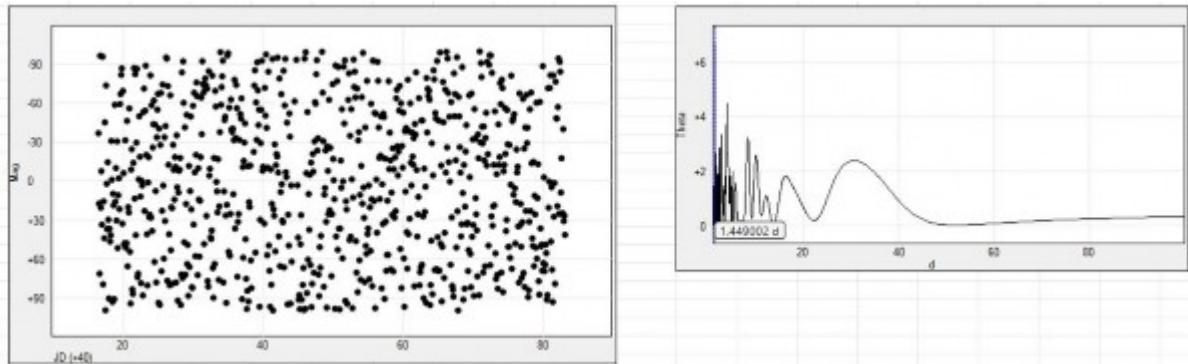


Abbildung 11

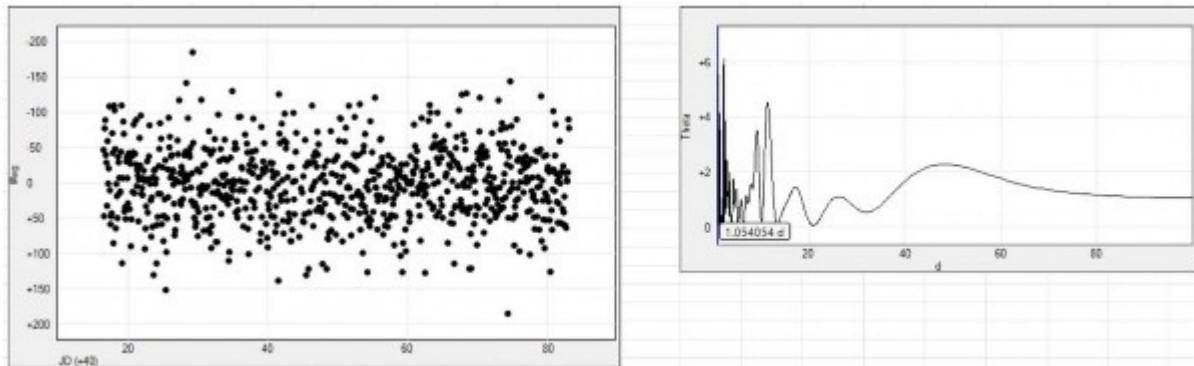


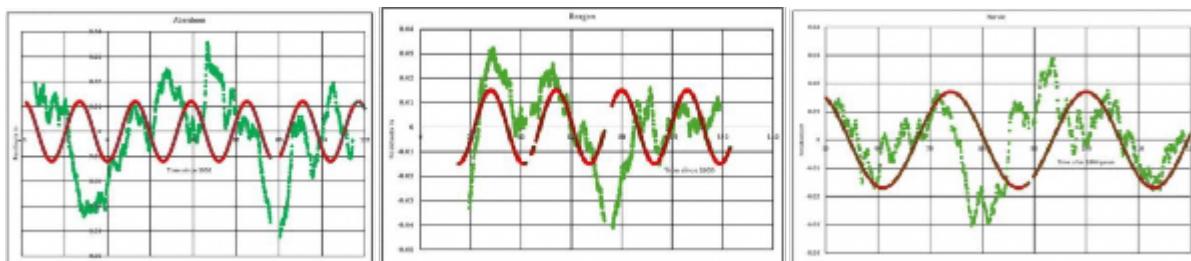
Abbildung 12

Der erste Eindruck ist etwas beunruhigend, da er Kurven mit Perioden im Bereich von 10 bis 100 Jahren anzeigt, aber bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass diese alle eine geringe Amplitude (in diesen Diagrammen mit „Theta“ bezeichnet) von etwa 2 haben, während sie in den tatsächlichen Gezeitenmessdiagrammen zwischen 10 und 30 für die Residuen liegen. Diese Theta-Werte sind relative Werte und geben keine tatsächlichen physikalischen Werte an.

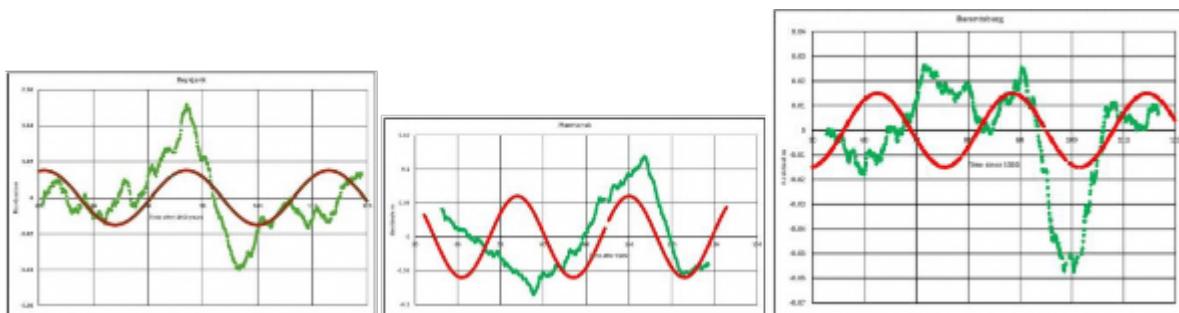
(Möglicherweise habe ich den Prozess nicht klar und korrekt beschrieben, daher wäre ich für jede Hilfe sehr dankbar.

Wenden wir uns nun den 9 Datensätzen der Gezeitenpegel zu, die wir beginnend mit dem längsten Messzeitraum und dann in etwa in der Reihenfolge abnehmender Zeiträume betrachten werden. Bevor wir jedoch fortfahren, zeigen die folgenden 9 kleinen Abbildungen das Ergebnis der früheren Kurvenanpassung einer 26-Jahres-Kurve an die Diagramme der Residualwerte, d. h. der tatsächlichen Werte abzüglich des Wertes der quadratischen Anpassung. Während eine Kurve mit einer Periode von etwa 26 Jahren an vielen Stellen passt, gibt es Hinweise auf andere, in der Regel längere Periodenkomponenten, wie aus dem Diagramm für Aberdeen ersichtlich ist, wo eine größere Schwankung von etwa 85 Jahren offensichtlich ist. Die größeren Spektralanalyse-Peaks beziehen sich auf Primärmodi, während die kürzeren andere Primärmodi oder Sekundärmodi

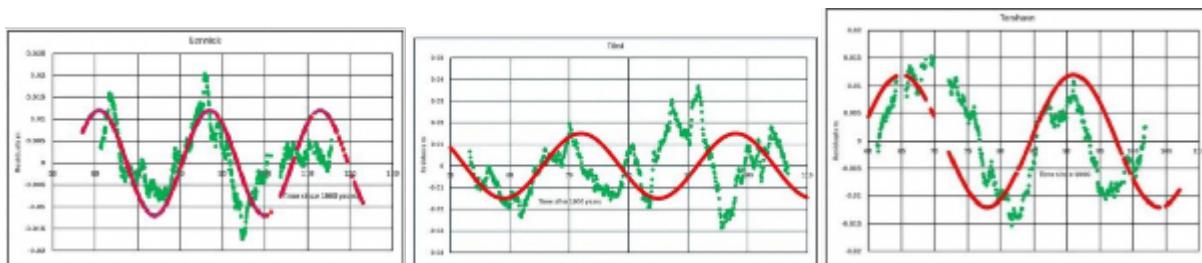
sein können. Ein Problem bei diesen 9 Analysen war, dass die dargestellten Daten ein gleitender Durchschnitt basierend auf 101 Datenpunkten sind. Ohne Unterbrechungen in den Daten entspricht dies etwas mehr als 8 Jahren, aber da es mehrere Lücken in den Daten gibt, kann dies zu Verzerrungen führen. Durch die Mittelwertbildung werden die meisten kurzfristigen Frequenzen entfernt, wodurch die allgemeine Form leichter zu erkennen ist.



Aberdeen .. Bergen .. Narvik



Reykjavik .. Murmansk .. Barentsburg



Lerwick .. Tiksi .. Torshavn

Jeder der 9 Gezeitenmesser wird nun unter Berücksichtigung der Ausgangsdaten von der NOAA-Website, der verarbeiteten Daten mit der am besten passenden quadratischen Kurve, der Residuen (tatsächlicher Wert minus Wert auf der am besten passenden Kurve), der Spektralanalyse-Diagramme und der Ergebnistabellen betrachtet. Die Tabellen enthalten im Wesentlichen Werte aus der ursprünglichen Verwendung der Software, nämlich der Analyse variabler Sterne. Die erste Spalte enthält die

Frequenz

(1/Periode) in Zyklen pro Jahr. Die Zeit ist die Periode, in der diese Frequenz in Jahren auftritt. Theta wird in diesem Artikel als Amplitude bezeichnet.

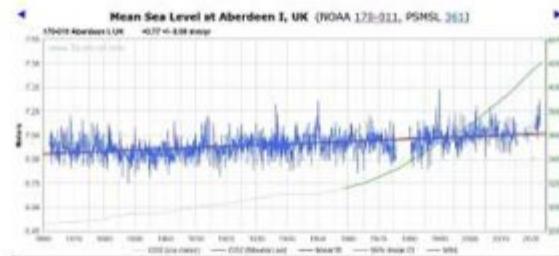
In dieser Phase wurde keine Kurvenanpassung durchgeführt, da in den meisten Fällen zwei oder mehr Peaks vorhanden sind. Die bei der Spektralanalyse verwendeten Amplituden (**amp**) und die Amplituden der Sinuskurven (**AMP**) wurden für bekannte Mehrfach-Sinuskurven untersucht, und es wurde festgestellt, dass die Amplituden für ein Kurvenpaar, 1 und 2, durch die folgende Gleichung miteinander in Beziehung stehen:

$$\text{AMP2} = \text{AMP1} * \text{SQRT}(\text{amp2}/\text{amp1}) \text{ (Gleichung 2)}$$

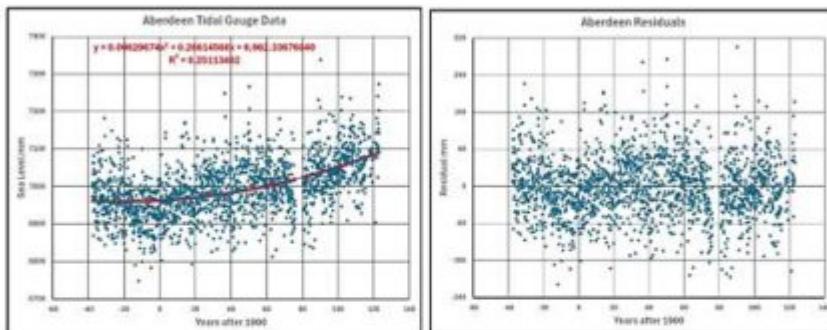
Damit lässt sich die relative Dominanz jeder in den Spektralanalyse-Diagrammen dargestellten Kurve abschätzen.

Aberdeen:

Aberdeen

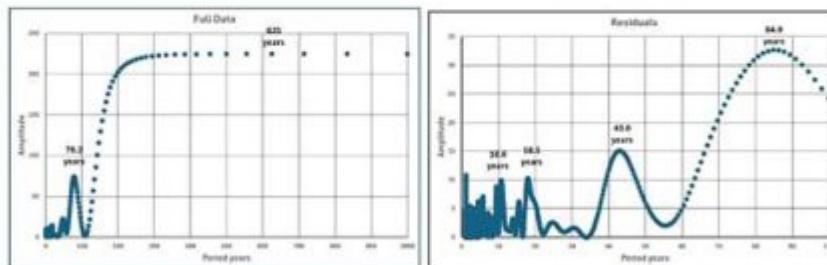


NOAA Data



Data

Residuals



Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

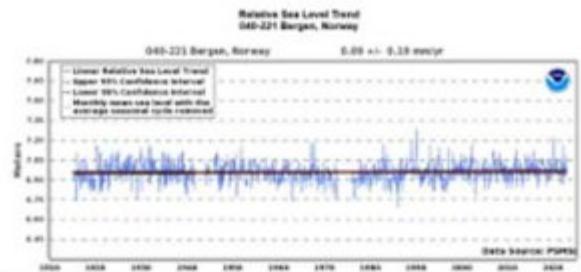
Período (años)	Tiempo (d)	Theta	Período (años)
0.00160	62.29440	0.04	0.00
0.01279	78.19700	73.67	0.00
0.02298	47.95442	21.74	0.00
0.05459	18.79907	13.62	0.00
0.08211	12.25872	11.47	0.00
0.04018	1.78504	9.28	0.00
0.11501	5.15110	5.34	0.00
0.21219	4.69754	5.65	0.00
0.24747	7.72713	5.40	0.00
0.11942	5.95900	5.27	0.00
0.27023	14.09000	5.16	0.00
0.11112	8.84010	5.16	0.00
0.29528	4.14050	4.81	0.00
0.22079	4.72206	4.87	0.00
0.05264	75.54539	4.28	0.00
0.25483	8.48522	4.18	0.00
0.26254	3.76743	4.11	0.00

Spectral Analysis Full

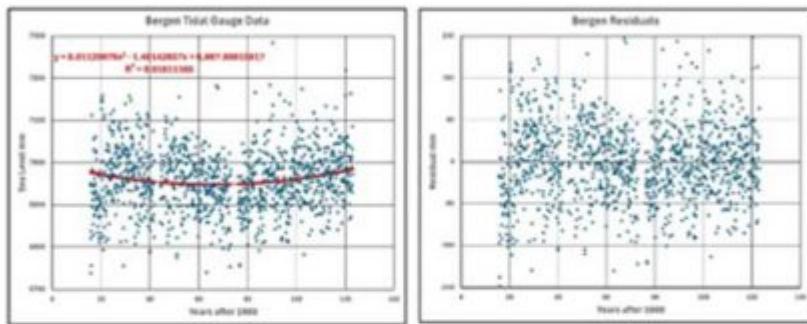
Período (años)	Tiempo (d)	Theta	Período (años)
0.03178	64.479570	31.69	0.00
0.02227	42.931178	19.13	0.00
0.03952	1.196774	16.96	0.00
0.05504	11.369578	10.34	0.00
0.08207	11.123260	9.96	0.00
0.13554	9.950271	8.37	0.00
0.11167	8.620881	7.15	0.00
0.11509	5.599962	5.95	0.00
0.24543	11.111171	5.32	0.00
0.06425	5.117105	5.29	0.00
0.19776	5.157962	5.26	0.00
0.21374	4.679324	5.21	0.00
0.42021	2.352057	5.49	0.00
0.22179	1.209000	5.27	0.00
0.02556	1.211298	5.24	0.00
0.00888	3.325972	5.10	0.00
0.03268	1.119969	5.04	0.00

Spectral Analysis Residuals

Bergen:

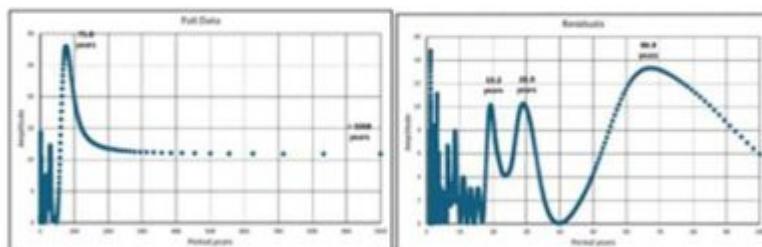


NOAA Data



Data

Residuals



Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

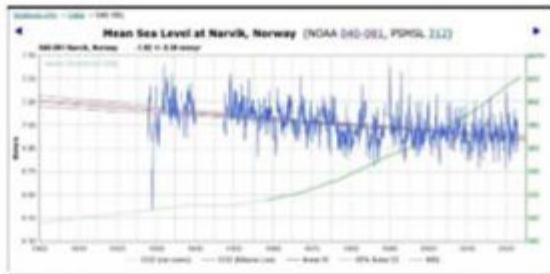
Periodic	Time (d)	Time	PerCent
0.04718	15.32753	25.38	0
0.04718	11.17425	14.27	0
0.03957	25.44659	12.26	0
0.03957	1.288115	11.76	0
0.03558	3.126213	10.23	0
0.01713	2.145228	0.38	0
0.02024	1.225663	1.91	0
0.05919	16.21545	1.98	0
0.19864	4.363864	2.94	0
0.11758	3.349391	4.77	0
0.37502	2.138362	6.31	0
0.34915	22.149549	6.38	0
0.17621	1.126496	6.38	0
0.27582	3.145584	6.49	0
0.31758	1.125542	6.51	0
0.38967	1.219495	6.56	0
0.39947	2.169547	6.56	0

Spectral Analysis Full

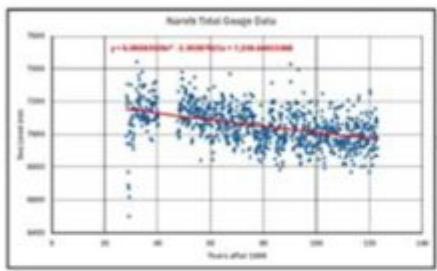
Periodic	Time (d)	Time	PerCent
0.04718	1.135715	14.38	0
0.21498	16.259512	13.38	0
0.58937	3.245268	11.98	0
0.42950	1.246277	11.57	0
0.23459	28.341065	10.28	0
0.26198	19.238449	10.13	0
0.01510	2.115198	8.42	0
0.36198	1.038110	7.98	0
0.14672	3.367363	7.98	0
0.15191	3.349593	6.05	0
0.17957	2.448031	6.48	0
0.37426	1.266431	6.51	0
0.27584	3.135751	6.58	0
0.38975	1.215463	6.59	0
0.11712	1.113254	6.58	0
0.38967	2.169509	6.59	0
0.42617	2.139161	6.67	0

Spectral Analysis Residuals

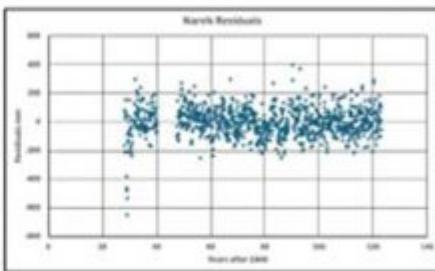
Narvik:



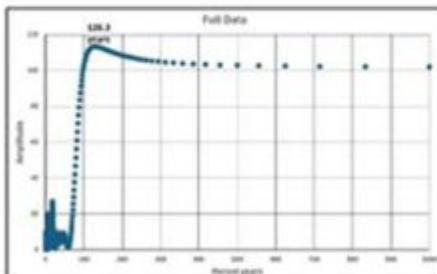
NOAA Data



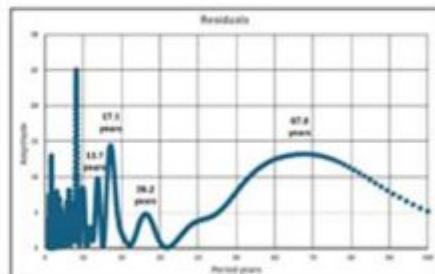
Data



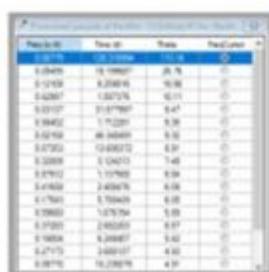
Residuals



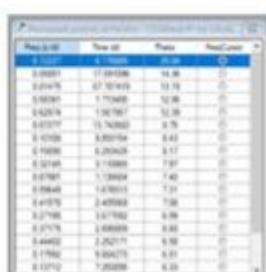
Spectral Analysis Full



Spectral Analysis Residuals

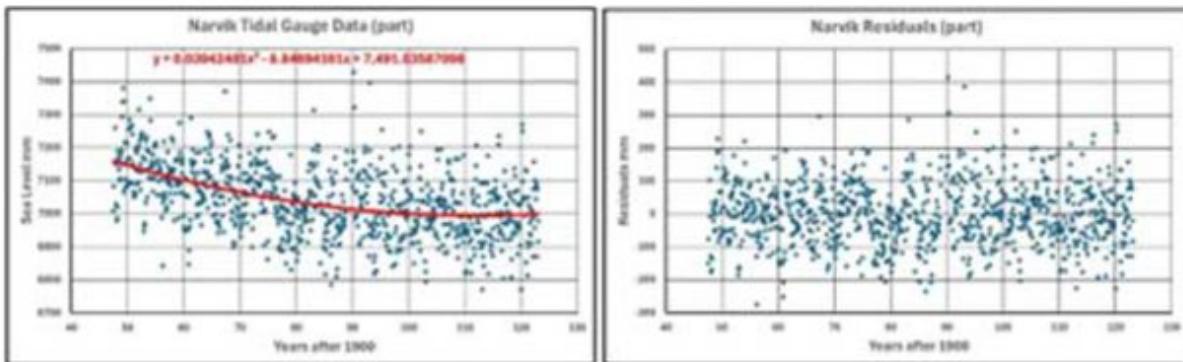


Spectral Analysis Full



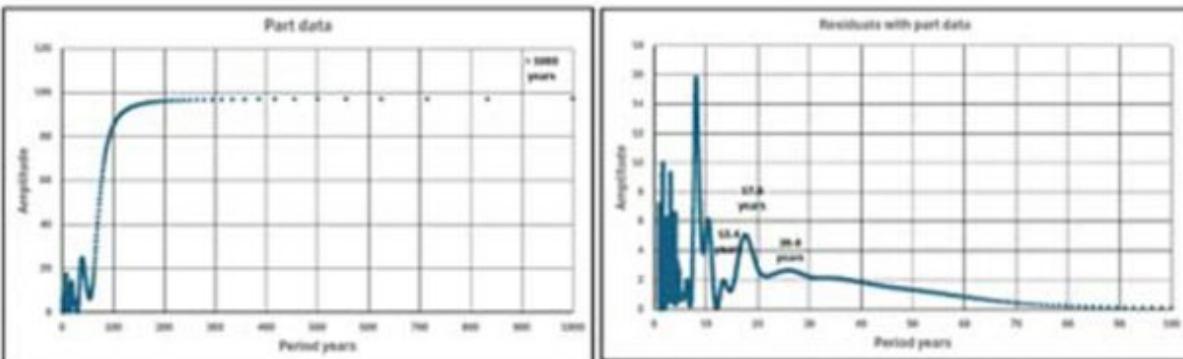
Spectral Analysis Residuals

Narvik (reduzierter Datensatz):



Data

Residuals



Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

Prec. ID	Time ID	Theta	ResCorr
0.07192	1000.000000	9.92	0
0.02958	28.100070	24.58	0
0.12168	8.210031	17.23	0
0.08375	18.400020	13.86	0
0.21982	2.100064	5.84	0
0.09091	10.200047	7.49	0
0.58621	1.700061	7.32	0
0.42997	1.500076	7.01	0
0.06621	1.200076	5.78	0
0.36324	2.750020	5.76	0
0.04026	24.770038	5.18	0
0.42118	2.370029	4.76	0
0.01975	13.200044	4.32	0
0.24396	4.000006	4.24	0
0.00052	1.100176	4.13	0
0.27513	3.901292	4.02	0
0.39880	2.526408	4.01	0

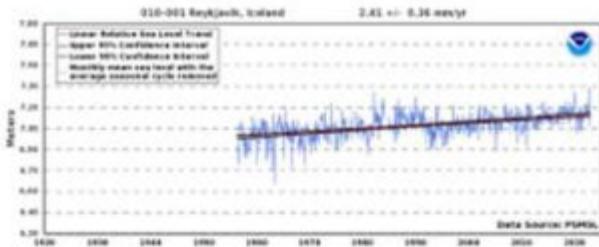
Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

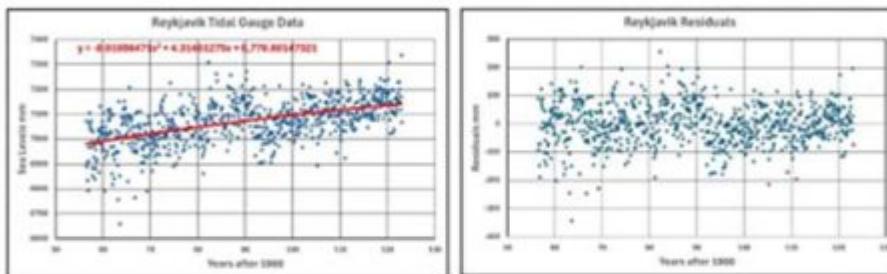
Prec. ID	Time ID	Theta	ResCorr
0.77245	8.100013	9.78	0
0.59570	1.100014	9.35	0
0.32098	3.110049	8.38	0
0.62674	1.000067	9.25	0
0.39614	1.010003	7.75	0
0.24423	4.000024	8.57	0
0.39442	2.700000	8.26	0
0.27413	2.400079	8.24	0
0.41027	3.000127	8.17	0
0.29953	10.400050	8.11	0
0.39833	2.500079	8.03	0
0.48930	1.100071	8.00	0
0.25679	17.600078	8.05	0
0.49553	2.000080	4.27	0
0.68603	1.900075	4.27	0
0.47919	2.100071	4.14	0
0.43867	2.200067	3.65	0

Die Daten vor 1947 wurden aufgrund der großen Lücke in den Messwerten und der verdächtigen Anfangswerte nahe dem Beginn der Datenreihe verworfen.

Reykjavik:

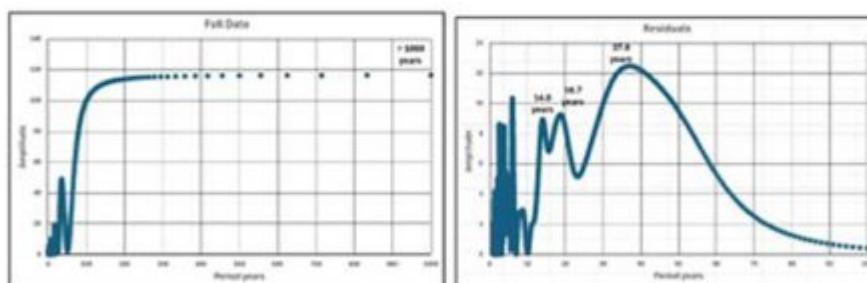


NOAA Data



Data

Residuals



Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

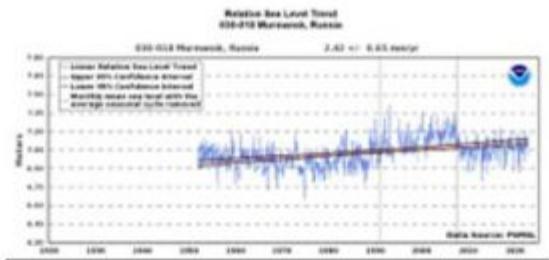
Freq (c/yr)	Time (a)	Theta	Freq (c/yr)
0.00108	1960.00000	0.00	
0.02027	20.24527	49.31	
0.09236	11.141034	79.20	
0.19544	5.564655	9.75	
0.27752	13.363015	0.41	
0.30850	11.171781	5.34	
0.27714	3.000076	0.48	
0.27972	3.574909	9.17	
0.27779	4.212462	5.61	
0.28800	2.506204	5.47	
0.10000	5.999952	5.05	
0.47932	2.000041	0.91	
0.74628	1.366211	2.06	
0.76322	1.277111	2.06	
0.58602	1.760027	2.91	
0.18897	9.371054	2.06	
0.22047	4.424272	2.06	

Freq (c/yr)	Time (a)	Theta	Freq (c/yr)
0.02170	30.199938	13.46	
0.16701	3.367522	10.34	
0.25336	18.179527	9.25	
0.07118	14.046495	8.95	
0.38908	2.502102	8.42	
0.27626	3.166176	8.52	
0.25790	3.277032	8.46	
0.23889	4.169382	8.19	
0.20642	4.844458	5.16	
0.47947	2.098059	5.03	
0.76218	1.277429	4.19	
0.39919	1.268895	4.13	
0.26298	1.051779	2.61	
0.50915	1.497167	2.76	
0.71765	1.366445	2.54	
0.56489	1.761611	2.52	
0.40546	2.176462	2.52	

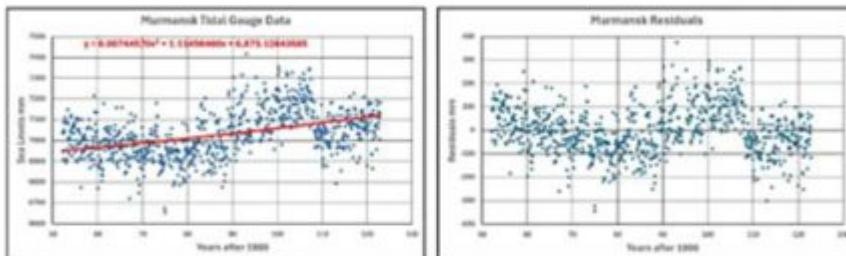
Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

Murmansk:

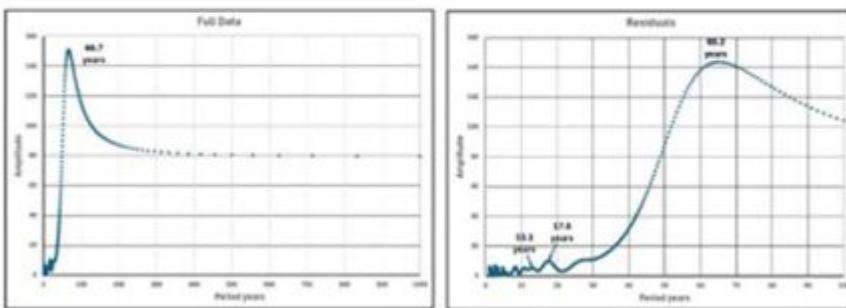


NOAA Data



Data

Residuals



Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

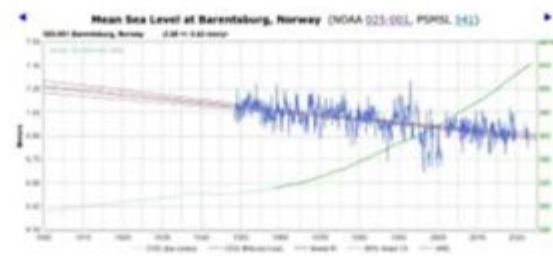
Time (s)	Time (d)	Theta	PeakCoser
0.0149	95.16587	10.23	0
0.0579	17.48071	10.23	0
0.0369	27.54806	9.33	0
0.0703	2.72394	4.83	0
0.0601	1.21474	5.31	0
0.1209	9.32726	5.51	0
0.2005	4.84979	5.46	0
0.0681	1.89303	5.24	0
0.1575	13.28644	5.24	0
0.2851	3.94629	5.14	0
0.0671	10.89478	4.74	0
0.0592	1.13387	3.64	0
0.1423	2.26071	2.97	0
0.4040	2.49761	2.77	0
0.4795	2.26042	2.65	0
0.0377	1.87798	2.54	0
0.0636	1.54626	2.56	0

Time (s)	Time (d)	Theta	PeakCoser
0.0593	17.98668	5.82	0
0.36719	2.72337	6.27	0
0.05939	1.21423	6.24	0
0.11947	9.32621	5.87	0
0.20942	4.84898	5.54	0
0.29912	3.36945	5.46	0
0.50075	1.03892	5.32	0
0.07927	10.89313	5.12	0
0.07913	13.19989	4.99	0
0.08779	1.13682	3.76	0
0.44023	2.26124	2.93	0
0.40028	2.49699	2.91	0
0.49987	2.36779	2.19	0
0.42026	1.97761	2.08	0
0.06247	1.86879	2.47	0
0.11913	0.708679	2.38	0

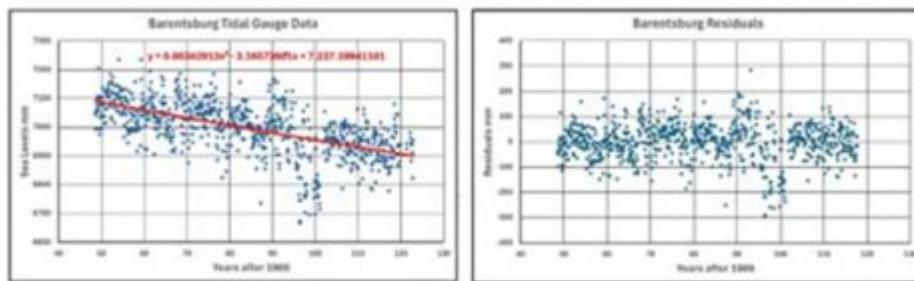
Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

Barentsburg:

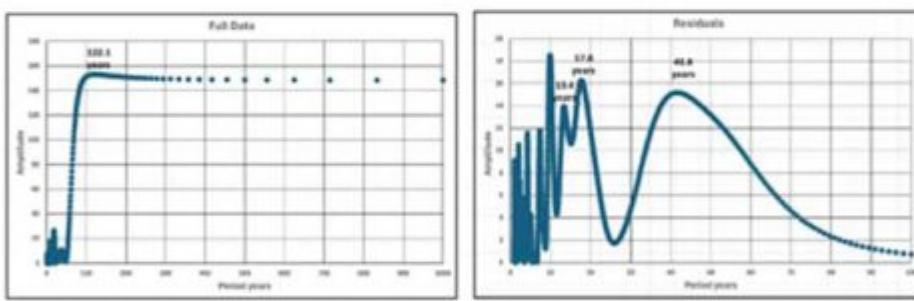


NOAA Data



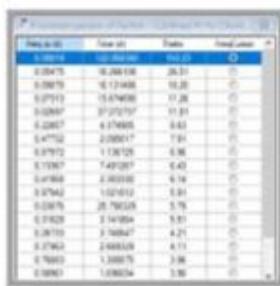
Data

Residuals



Spectral Analysis Full

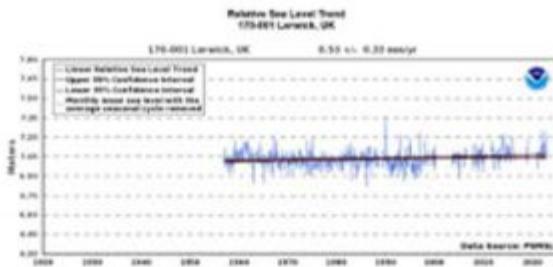
Spectral Analysis Residuals



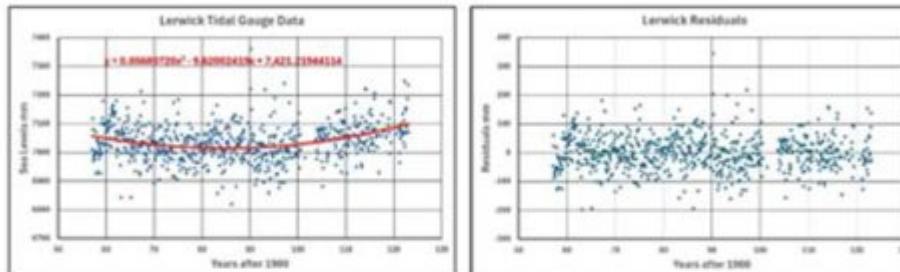
Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

Lerwick:

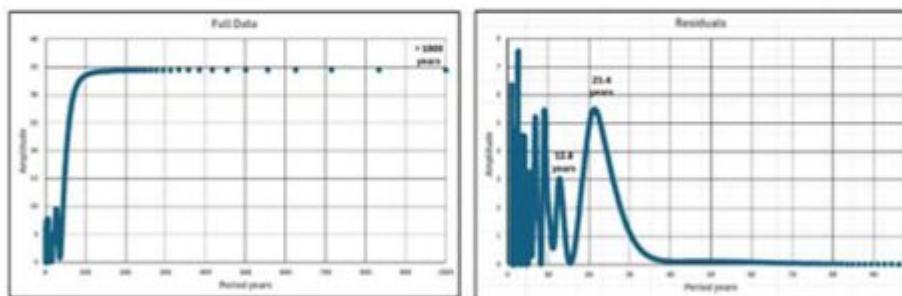


NOAA Data



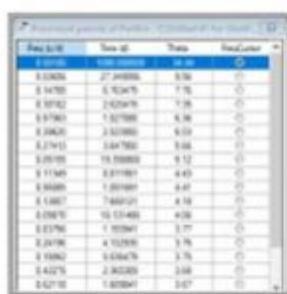
Data

Residuals

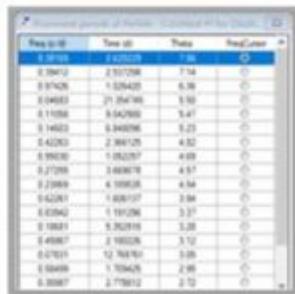


Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

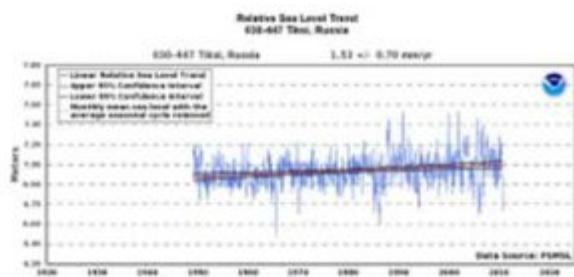


Spectral Analysis Full

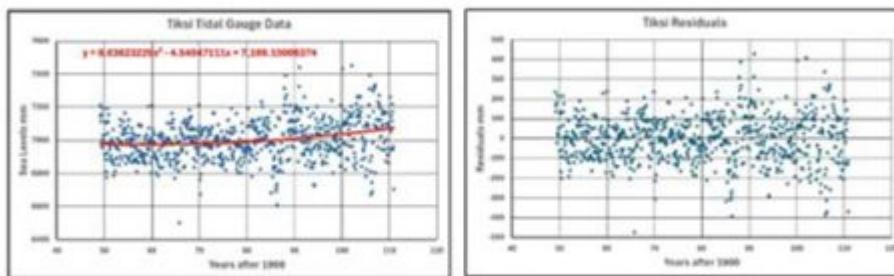


Spectral Analysis Residuals

Tiksi:

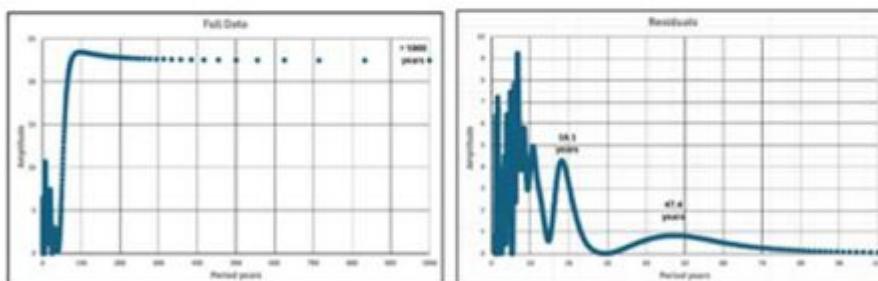


NOAA Data



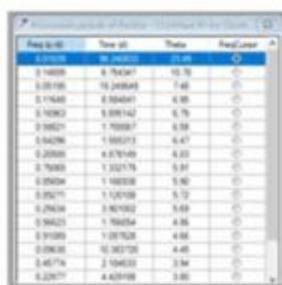
Data

Residuals



Spectral Analysis Full

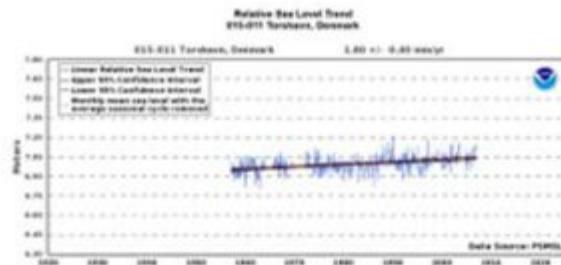
Spectral Analysis Residuals



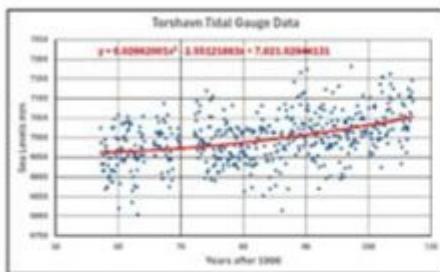
Spectral Analysis Full

Spectral Analysis Residuals

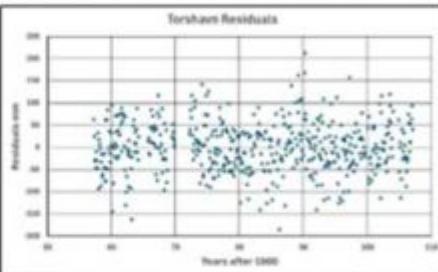
Torshavn:



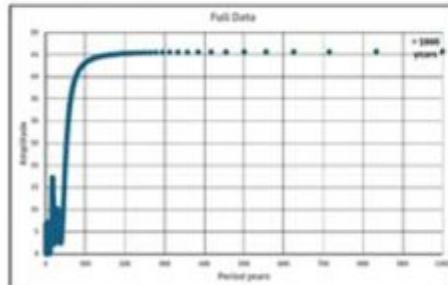
NOAA Data



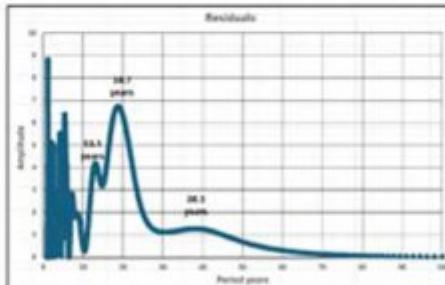
Data



Residuals



Spectral Analysis Full



Spectral Analysis Residuals

Freq (Hz)	Time (d)	Theta	PredLinear
0.000000	17.561112	17.22	0
0.000001	28.762669	16.21	0
0.000002	4.161273	7.10	0
0.000003	1.171966	6.76	0
0.000004	0.853944	6.46	0
0.000005	12.752087	6.21	0
0.000006	4.855767	6.09	0
0.000007	2.624617	5.76	0
0.000008	0.400834	4.97	0
0.000009	2.212641	4.27	0
0.000010	2.361960	3.94	0
0.000011	1.162442	2.95	0
0.000012	1.162502	2.91	0
0.000013	3.269591	2.38	0
0.000014	2.318713	2.27	0
0.000015	1.097068	2.06	0

Spectral Analysis Full

Freq (Hz)	Time (d)	Theta	PredLinear
0.000000	18.709827	6.70	0
0.000001	0.388004	6.38	0
0.000002	4.215047	5.53	0
0.000003	2.254974	5.12	0
0.000004	2.845793	4.98	0
0.000005	4.704657	4.38	0
0.000006	13.101037	4.19	0
0.000007	2.379867	4.15	0
0.000008	1.098552	4.10	0
0.000009	2.526767	3.76	0
0.000010	7.261637	2.85	0
0.000011	2.352576	2.47	0
0.000012	3.305041	2.26	0
0.000013	1.051440	2.14	0
0.000014	0.523471	2.07	0
0.000015	8.055601	1.86	0

Spectral Analysis Residuals

Demnächst:

Nachdem die Spektralanalyse auf eine Reihe von Gezeitenmessgeräten angewendet wurde, werden in Teil 2 die Ergebnisse zur Ableitung von Sinuskurven verwendet.

Link:

<https://wattsupwiththat.com/2025/12/02/does-the-global-sea-level-rise-have-a-sinusoidal-variation/>

Übersetzt von [Christian Freuer](#) für das EIKE

